

Sviluppo di composti di ossidazione in olio extra vergine di oliva durante la frittura: influenza della cultivar e del processo di estrazione*

C. Summo^{a1}
F. Caponio^a
A. Piga^b
V.M. Paradiso^a
C. Fadda^b
R. Nasti^a
M.T. Bilancia^a
D. Delcuratolo^a
T. Gomes^a

^aUniversità degli Studi di Bari
Aldo Moro,
Dipartimento di Scienze del
Suolo, della Pianta e degli
Alimenti,
Sezione di Scienze
e Tecnologie Alimentari
Via Amendola 165/A
70126 Bari, Italy

^bUniversità degli Studi
di Sassari,
Dipartimento di Agraria,
Viale Italia 39
07100 Sassari, Italy

¹CORRESPONDING AUTHOR:
Dott. Carmine Summo
Tel.: +39 080 5442272
Fax: +39 080 5443467
e-mail: carmine.summo@uniba.it

Un'indagine sperimentale è stata condotta allo scopo di valutare l'influenza della cultivar e del processo di estrazione dell'olio sullo sviluppo di composti di ossidazione in olio extra vergine di oliva sottoposto a frittura. Allo scopo oli monovarietali, provenienti da due cultivar sarde, ottenuti applicando due differenti tecnologie di estrazione sono stati impiegati per la frittura di patatine. L'olio estratto da queste è stato sottoposto ad indagini analitiche utili per la valutazione dei fenomeni di ossidazione e della capacità antiossidante. I risultati ottenuti hanno evidenziato che le differenze riscontrate per il contenuto in triacilgliceroli ossidati e in composti polari negli oli estratti dalle patate rispecchiavano quelle degli oli di partenza, mentre per il contenuto in oligopolimeri dei triacilgliceroli è stato evidenziato un comportamento differente degli oli nel corso della frittura, ad indicazione di una minore polimerizzazione negli oli caratterizzati da migliore qualità iniziale.

Evolution of the oxidation compounds in extra virgin olive oil during frying: influence of the cultivar and of the oil extraction process

An experimental investigation was carried out in order to assess the influence of the cultivar and of the oil extraction process on the evolution of the oxidation compounds in extra virgin olive oil during frying. In order to do this oils from two Sardinian cultivars, obtained by two different oil extraction processes have been used to fry potato chips. The oils extracted from the potato chips were analyzed to evaluate the oxidative degradation and the antioxidant capacity. The results obtained showed that the differences observed for the oxidation triacylglycerol and polar compounds content in the extracted oils reflect the differences observed in the starting oils, while, as regards the triacylglycerol oligopolymers, the oils showed a different behavior during frying, indicating a slower polymerization rate in the oils characterized by a better quality.

(*) Lavoro presentato al X Congresso Italiano di Scienza e Tecnologia degli Alimenti. Ricerche e Innovazioni nell'Industria Alimentare. Milano, 9-10 maggio 2011.

INTRODUZIONE

L'olio extra vergine di oliva, alla base della cosiddetta dieta Mediterranea, è ottenuto dal frutto dell'olivo utilizzando esclusivamente mezzi meccanici o altri mezzi fisici in condizione da non causare alterazione dell'olio e che non hanno subito alcun trattamento diverso dal lavaggio, decantazione, centrifugazione e filtrazione.

È ormai noto che il consumo di olio extra vergine di oliva è associato alla riduzione di malattie a carico dell'apparato cardio-circolatorio, oltre che di numerose altre patologie [1-6]. Diversi studi presenti in letteratura hanno evidenziato l'opportunità di impiego dell'olio extra vergine di oliva nei processi di cottura degli alimenti, compresa la frittura, per ridurre l'entità dei fenomeni termo-ossidativi a carico dell'olio durante la frittura nonché della frazione assorbita sulla superficie dell'alimento fritto. In particolare, Persson e coll. [7] hanno verificato come l'impiego nella frittura di beefburgers dell'olio extra vergine di oliva riduceva la formazione di ammine eterocicliche in confronto all'impiego di olio di oliva raffinato ed olio di semi. Anche altri studi [8-10] hanno messo in evidenza la maggiore resistenza dell'olio extra vergine di oliva nei riguardi dei fenomeni termo-ossidativi che hanno luogo nel corso del processo di frittura rispetto agli altri oli vegetali. La peculiare composizione in acidi grassi, particolarmente ricca in acido oleico, e il contenuto in componenti minori ad azione antiossidante è risultato alla base dell'effetto inibitore osservato. L'olio extra vergine di oliva non è un alimento standard dal punto di vista qualitativo, la sua composizione varia, infatti, in funzione della cultivar, dell'ambiente pedo-climatico, dello stadio di maturazione delle drupe, del processo di estrazione e delle modalità di conservazione dell'olio [11-12]. Procida e coll. [13] hanno evidenziato l'influenza della composizione dell'olio extra vergine di oliva sulla comparsa di composti di neo-formazione volatili a seguito del processo di frittura, evidenziando l'importanza del contenuto in acido oleico nel ridurre la formazione di acroleina e crotonale, composti volatili tossici per la salute del consumatore e la scarsa influenza, nella loro formazione, dei composti termolabili quali carotenoidi e clorofille. Obiettivo dell'indagine sperimentale è stato quello di valutare l'influenza della cultivar e del processo di estrazione sulla comparsa di composti di ossidazione nell'olio assorbito dall'alimento a seguito del processo di frittura.

MATERIALI E METODI

CAMPIONAMENTO

Sono stati impiegati oli monovarietalis delle cultivar Bosana (B) e Semidana (S) ottenuti dalla lavorazione delle olive con due tecnologie estrattive diffe-

renti: T1, tecnologia con impianto convenzionale a tre fasi (Alfa Laval); T2, tecnologia innovativa con impianto a basso impatto ossidativo (Tem Cultivar 500 - gramole verticali a depressione, decanter 2 fasi, filtro a cartoni). Le fasi caratteristiche dei processi estrattivi impiegati sono riportate in Tabella I.

Tabella I - Fasi del processo di estrazione degli oli oggetto di indagine (T1, tecnologia con impianto convenzionale a tre fasi; T2, tecnologia innovativa con impianto a basso impatto ossidativo).

Sistema di estrazione T1	Sistema di estrazione T2
Frangitura delle olive impiegando frangitore a dischi dentati	Frangitura delle olive impiegando frangitore a fresse taglienti
Gramolatura con gramole orizzontali	Gramolatura con gramola verticale a depressione
Estrazione dell'olio mediante decanter a tre fasi	Estrazione dell'olio mediante decanter innovativo a due fasi
Separazione dell'olio mediante separatori centrifughi ad asse verticale	Filtrazione dell'olio con cartoni spessi di cellulosa

FRITTURA

Le quattro diverse tipologie di olio extra vergine di oliva (BT1, BT2, ST1, ST2) sono state utilizzate per la frittura di patatine con una friggitrice domestica. Per ciascuna prova la frittura è stata protratta per 30 minuti impiegando tre aliquote consecutive di patate crude tagliate a bastoncini di forma regolare, che venivano introdotte nell'olio alla temperatura di $180 \pm 5^\circ\text{C}$ e sottoposte a frittura per circa 5 minuti. Il rapporto olio: patate utilizzato era pari a 4:1 (v/p). Per ciascuna tipologia di olio sono state eseguite due differenti prove di frittura.

ESTRAZIONE DELL'OLIO DALLE PATATINE

Subito dopo la frittura si è proceduto all'estrazione dell'olio da ciascuna delle aliquote di patate, seguendo il metodo descritto da Tabee e coll. [14] leggermente modificato. In particolare, le patate poste in un becher sono state addizionate di una miscela di etere di petrolio:etere etilico (90:10, v:v) in rapporto patate/miscela 1:3,5 (p:v) ed omogeneizzate con Ultra-Turrax T25 (DuPont Instruments) a 24.000 rpm \times 1,5 minuti. Dopo macerazione per 30 minuti la frazione liquida è stata separata mediante filtrazione, essiccata su sodio solfato anidro ed evaporata sottovuoto mediante evaporatore rotante per il recupero dell'olio.

DETERMINAZIONI ANALITICHE

- Acidità: la determinazione dell'acidità percentuale è stata eseguita mediante titolazione acido-base, seguendo il metodo ufficiale di analisi riportato dal Regolamento CEE n. 2568/91 [15].

- Attività antiossidante: la valutazione dell'attività antiossidante totale è stata misurata nell'estratto fenolico, come descritto in Del Caro e coll. [16], usando una curva di decolorazione del radicale stabile 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•). I risultati sono espressi come percentuale di decremento dell'assorbanza a 515 nm della miscela campione-soluzione DPPH• rispetto al controllo di solo DPPH•.
- Composti polari: la separazione e determinazione dei composti polari (PCs) è stata effettuata mediante cromatografia su colonna di gel di silice, seguendo una metodica AOAC [17]. In particolare, dopo l'eluizione della frazione apolare con 150 ml di una miscela di etere di petrolio:etere etilico (87:13, v/v), la frazione polare è stata eluita con 150 ml di etere etilico. L'efficacia della separazione ottenuta è stata verificata mediante cromatografia su strato sottile, come raccomandato dallo stesso metodo.
- Analisi HPSEC dei PCs: la frazione polare recuperata in tetraidrofurano è stata analizzata mediante analisi HPSEC (High Performance Size-Exclusion Chromatography) al fine di separare ed identificare le principali classi di sostanze che li costituiscono: oligopolimeri di triacilgliceroli (PTAG), triacilgliceroli ossidati (TAG-ox), diacilgliceroli (DAG). Il sistema cromatografico utilizzato era costituito da una pompa series 200 (Perkin-Elmer, Beaconsfield, UK), un loop da 50 µl, una precolonna di 5 cm di lunghezza e 7,5 mm di diametro interno, una serie di due colonne PL-gel (Perkin-Elmer, Beaconsfield, UK) lunghe 30 cm e diametro interno di 7,5 mm con particelle di 5 µm e diametro dei pori di 500 Å, un rifrattometro differenziale a deflessione series 200 (Perkin-Elmer, Beaconsfield, UK) come rivelatore. Il solvente di eluizione utilizzato era il tetraidrofurano al flusso di 1 ml/min. L'identificazione e la quantificazione dei picchi di interesse è stata effettuata come riportato in precedenti lavori [18-19] mediante standard di polistirene a peso molecolare noto (MW = 4000 e 2000 g/mol) nonché mediante standard di tristearina, stearina e monostearina. Per ogni standard è stato misurato il volume di eluizione alle stesse condizioni impiegate per le nostre analisi. Il log del MW è stato poi riportato in grafico in funzione del volume di eluizione e la migliore retta è stata tracciata usando il metodo dei minimi quadrati. Dal volume di eluizione di ciascun picco, separato nel cromatogramma, è stato calcolato il corrispondente MW. Inoltre, sono state ottenute quantità note di PTAG, TAG-ox e DAG mediante cromatografia di gel permeazione dei composti polari (PCs) derivanti da un olio di arachide raffinato che sono stati poi utilizzati come standard nel metodo HPSEC. Le quantità raccolte di ciascuno standard, corrispondenti ognuna ad una data classe di composti,

sono state usate per preparare differenti soluzioni a concentrazione nota, che successivamente sono state analizzate mediante analisi HPSEC. Le curve di calibrazione sono state calcolate riportando in grafico la quantità di ciascuno standard (µg) che era stata iniettata nel sistema HPSEC in funzione della corrispondente area ottenuta. La precisione del metodo, espressa come CV% è stata pari a 1,4% per i PCs, 1,2% per i PTAG, 1,3% per i TAG-ox e 1,6% per i DAG.

ANALISI STATISTICA

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi delle componenti principali (PCA) e ad analisi della varianza (ANOVA) a 3 vie con interazioni di primo ordine seguita dal test di Tukey per i confronti multipli impiegando il software XLstat

RISULTATI E DISCUSSIONE

In Tabella II sono riportati i valori dei PCs e delle singole classi di sostanze che li costituiscono degli oli extra vergini di oliva utilizzati nelle prove di frittura. Gli oli dalla cultivar *Bosana* presentavano valori degli indici determinati superiori a quelli dalla cultivar *Semidana*. Gli oli di entrambe le cultivar ottenuti impiegando il processo tecnologico T2, caratterizzato dall'impiego di gramole a depressione, presentavano valori di TAG-ox, DAG e PCs inferiori rispetto a quelli ricavati con il processo T1, mentre gli altri indici di degradazione non sembravano essere influenzati dal processo tecnologico.

In Tabella III sono riportati i risultati dell'analisi della varianza (ANOVA a tre vie) con interazione di primo ordine *cultivar*frittura* e *processo*frittura* eseguita sui parametri analitici determinati. Nelle Figure 1-3 sono riportati i valori medi ed i risultati dell'analisi della varianza (ANOVA ad una via) dei parametri analitici determinati sugli oli estratti dalle patatine in funzione rispettivamente delle variabili *cultivar* e *processo di estrazione* dell'olio.

Le variabili *cultivar* e *processo di estrazione* hanno

Tabella II - Valori dei composti polari e delle singole classi costituenti negli oli extravergini di olive grezzi impiegati nei processi di frittura.

Parametri	B-T1	B-T2	S-T1	S-T2
AGL (%)	0,57	0,59	0,53	0,50
PTAG (%)	0,03	0,04	0,00	0,00
TAG-ox (%)	0,91	0,78	0,61	0,44
DAG (%)	3,00	2,80	2,27	2,00
PCs(%)	5,11	4,70	3,91	3,22

AGL: acidità; PTAG: oligopolimeri dei triacilgliceroli; TAG-ox: triacilgliceroli ossidati; DAG: diacilgliceroli; PCs: composti polari; B: cultivar *Bosana*; S: cultivar *Semidana*; T1: processo di estrazione tradizionale Alfa-Laval; T2: processo di estrazione innovativo a basso impatto ossidativo.

Tabella III - Valori di *p* ottenuti dall'analisi della varianza (ANOVA a tre vie) con interazione di primo ordine *cultivar***frittura* e *processo***frittura* eseguita sui parametri analitici determinati.

Variabili	Parametri analitici					
	AGL	PTAG	TAG-ox	DAG	PCs	Attività antiossidante
<i>Frittura (F)</i>	0,285	<0,001	0,016	0,003	0,479	0,001
<i>Cultivar (C)</i>	0,652	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,050
<i>Processo (P)</i>	0,774	0,224	0,001	0,027	0,030	0,002
<i>Interazione C*F</i>	0,886	0,003	0,796	0,027	0,395	0,415
<i>Interazione P*F</i>	0,829	0,021	0,516	0,154	0,682	0,034

AGL: acidità; PTAG: oligopolimeri dei triacilgliceroli; TAG-ox: triacilgliceroli ossidati; DAG: diacilgliceroli; PCs: composti polari; *: percentuale di decremento dell'assorbanza a 515 nm della miscela campione-soluzione DPPH• rispetto al controllo di solo DPPH•.

influenzato significativamente la maggior parte dei parametri analitici esaminati. In particolare, come mostrato in Figura 1, ad eccezione del valore dell'acidità percentuale, gli oli estratti dalle patate fritte della cultivar *Bosana*, rispetto a quelli della cultivar *Semidana*, risultavano caratterizzati da significativi più elevati valori di tutti indici analitici esaminati ad indicazione di una maggiore entità della degradazione ossidativa ed idrolitica probabilmente attribuibile alla diversa qualità iniziale dei due oli freschi (Tab. II). L'esistenza di una significativa interazione di 1° ordine tra le variabili *cultivar* e *frittura* per il contenuto in PTAG e DAG è esplicitiva di un diverso comportamento delle due cultivar nel processo di frittura. La diversa qualità degli oli freschi di partenza influenzava, quindi, anche il grado di incremento dei fenomeni termo-ossidativi degli oli estratti dalle patate fritte. Il differente contenuto in PTAG e TAG-ox degli oli di partenza oltre che il diverso contenuto in composti ad azione antiossidante potrebbe essere alla base di tale differente comportamento.

Riguardo alla variabile *processo*, gli oli estratti con il processo innovativo T2 presentavano valori dei parametri indicativi della degradazione ossidativa più bassi rispetto a quelli estratti con il processo T1

(Fig. 2). Anche in questo caso, l'esistenza di una significativa interazione di 1° ordine tra le variabili *processo di estrazione* e *frittura* per il contenuto in PTAG è esplicitiva di un diverso comportamento nel corso del processo di frittura degli oli in funzione della tecnica di estrazione adottata. La variabile processo di estrazione ha influenzato significativamente anche il potere antiossidante totale degli oli estratti dalle patate fritte (Fig. 3). In particolare, gli oli estratti impiegando il processo T2 presentavano un maggiore potere antiossidante evidenziato da maggiori decrementi percentuali dell'assorbanza a 515 nm della miscela campione-soluzione DPPH• rispetto al controllo di solo DPPH•. Ciò potrebbe essere legato alla maggiore efficienza del processo T2 nei confronti dei componenti minori ad azione antiossidante dell'olio. In Figura 4 è mostrato il biplot dell'analisi delle componenti principali eseguito sui campioni oggetto di indagine in funzione dei parametri analitici esaminati, mentre in Tabella IV sono riportati i contributi delle componenti principali estratte sui parametri analitici oggetto di indagine.

È possibile constatare che le prime due compo-

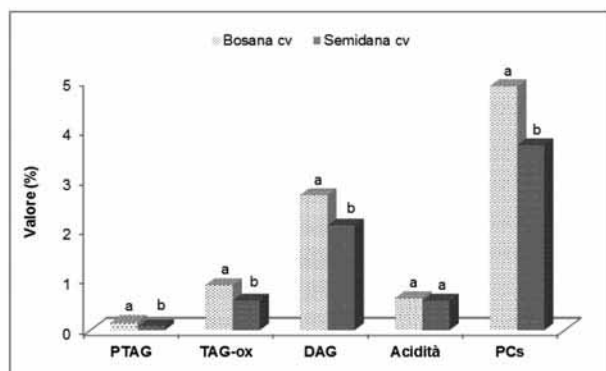


Figura 1 - Valori medi e risultati dell'analisi statistica (ANOVA ad una via) degli indici analitici impiegati per la determinazione della degradazione ossidativa ed idrolitica negli oli estratti dalle patate fritte in funzione della variabile cultivar. PTAG: oligopolimeri dei triacilgliceroli; TAG-ox: triacilgliceroli ossidati; DAG: diacilgliceroli; PCs: composti polari.

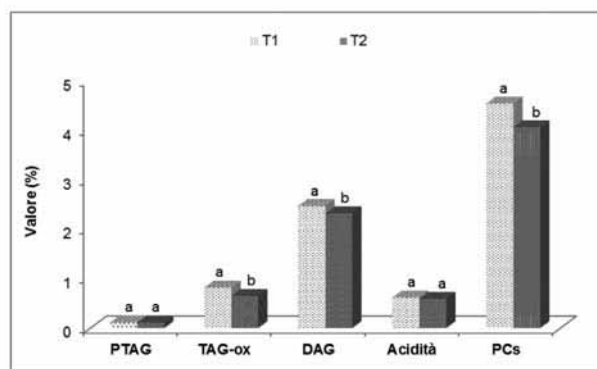


Figura 2 - Valori medi e risultati dell'analisi statistica (ANOVA ad una via) degli indici analitici impiegati per la determinazione della degradazione ossidativa ed idrolitica negli oli estratti dalle patate fritte in funzione della variabile tecnologia di estrazione. PTAG: oligopolimeri dei triacilgliceroli; TAG-ox: triacilgliceroli ossidati; DAG: diacilgliceroli; PCs: composti polari; T1: processo di estrazione tradizionale Alfa-Laval; T2: processo di estrazione innovativo a basso impatto ossidativo.

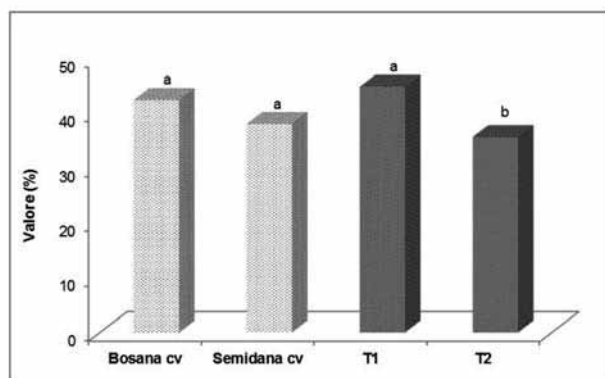


Figura 3 - Valori medi e risultati dell'analisi statistica (ANOVA ad una via) dell'attività antiossidante misurata con il DPPH test negli oli estratti dalle patate fritte in funzione della variabile tecnologia di estrazione. T1: processo di estrazione tradizionale Alfa-Laval; T2: processo di estrazione innovativo a basso impatto ossidativo.

nenti principali permettevano di spiegare oltre l'80% della variabilità osservata. In particolare, la PC1, che da sola spiegava oltre il 51% della variabilità complessiva – influenzata da tutti i parametri analitici oggetto di indagine ad eccezione del potere antiossidante – permetteva di separare i campioni in funzione della cultivar. In particolare, gli oli della cultivar *Bosana*, rispetto a quelli della cultivar *Semidana*, risultavano caratterizzati da più elevati valori degli indici indicativi della degradazione ossidativa ed idrolitica. Per la cultivar *Semidana*, la PC1 differenziava ancora gli oli in funzione del trattamento di estrazione adottato, mentre per la cultivar *Bosana* tale differenziazione risultava meno evidente ed era determinata dalla PC2, responsabile di quasi il 30% della variabilità osservata. La PC2 permetteva, inoltre, di separare gli oli freschi prima del processo di frittura, caratterizzati da elevato potere antiossidante dagli oli estratti

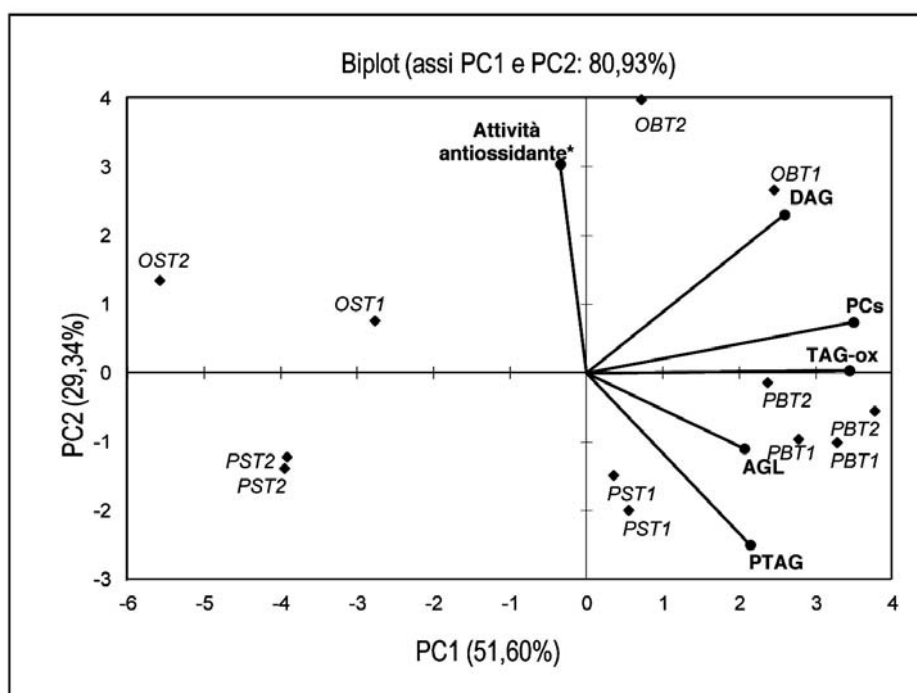


Figura 4 - Risultati dell'analisi delle componenti principali eseguita sui campioni oggetto di indagine in funzione dei parametri analitici determinati. AGL: acidità; PTAG: oligopolimeri dei triacilgliceroli; TAG-ox: triacilgliceroli ossidati; DAG: diacilgliceroli; PCs: composti polari; O: olio non fritto; P: olio estratto dalle patate fritte; B: cultivar *Bosana*; S: cultivar *Semidana*; T1: processo di estrazione tradizionale Alfa-Laval; T2: processo di estrazione innovativo a basso impatto ossidativo. *: percentuale di decremento dell'assorbanza a 515 nm della miscela campione-soluzione DPPH* rispetto al controllo di solo DPPH*.

Tabella IV - Contributo delle componenti principali estratte sui parametri analitici esaminati

Parametri	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
AGL	0,332	0,094	0,540	0,033	0,000	0,000
PTAG	0,358	0,488	0,001	0,146	0,008	0,000
TAG-ox	0,922	0,000	0,042	0,001	0,034	0,000
DAG	0,523	0,415	0,035	0,009	0,018	0,000
PCs	0,951	0,043	0,002	0,004	0,000	0,001
Attività antiossidante*	0,009	0,721	0,157	0,112	0,001	0,000

AGL: acidità; PTAG: oligopolimeri dei triacilgliceroli; TAG-ox: triacilgliceroli ossidati; DAG: diacilgliceroli; PCs: composti polari; *: percentuale di decremento dell'assorbanza a 515 nm della miscela campione-soluzione DPPH* rispetto al controllo di solo DPPH*.

dalle patate fritte, caratterizzati da basso potere antiossidante e da più elevati contenuti in oligopolimeri dei triacilgliceroli, che è noto possedere azione pro-ossidante [20].

In conclusione, l'indagine sperimentale condotta ha posto in evidenza l'influenza delle variabili *cultivar* e *processo di estrazione* dell'olio extra vergine di oliva sull'entità della degradazione ossidativa dello stesso a seguito del processo di frittura. In particolare, nelle condizioni da noi impiegate, l'operazione di frittura non ha comportato un livellamento nelle caratteristiche di qualità dell'olio, per cui le differenze qualitative degli oli di partenza erano ancora evidenti negli oli estratti dalle patatine fritte.

BIBLIOGRAFIA

- [1] B. Bendinelli, G. Masala, C. Saieva et al., Fruit, vegetables, and olive oil and risk of coronary heart disease in Italian women: the EPICOR Study. *American Journal of Clinical Nutrition* 93, 275-283 (2011).
- [2] J. López-Miranda, F. Pérez-Jiménez, E. Ros et al., Olive oil and health: Summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaén and Córdoba (Spain) 2008. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases* 20, 284-294 (2010).
- [3] W.J. Perrig, P. Perrig, B. Stehelin, The relation between antioxidants and memory performance in the old and very old. *Journal of the American Geriatric Society* 45, 718-724 (1997).
- [4] T. Psaltopoulou, A. Naska, P. Orfanos, D. Trichopoulos, T. Mountokalakis, A. Trichopoulos, Olive oil, the Mediterranean diet, and arterial blood pressure: the Greek European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *American Journal of Clinical Nutrition* 80, 1012-1018 (2004).
- [5] J. Salas-Salvadó, M. Bulló, N. Babio et al., Reduction in the Incidence of Type 2 Diabetes With the Mediterranean Diet: Results of the PREDIMED-Reus nutrition intervention randomized trial. *Diabetes Care* 34, 14-19 (2011).
- [6] F. Visioli, A. Poli, C. Galli, Antioxidant and other biological activities of phenols from olives and olive oil. *Medical Research Review* 22, 65-75 (2002).
- [7] E. Persson, G. Graziani, R. Ferracane, V. Fogliano, K. Skog, Influence on antioxidants in virgin olive oil on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers. *Food and Chemical Toxicology* 41, 1587-1597 (2003).
- [8] A.G. Sanchez-Gimeno, A.I. Negueruela, M. Benito, A. Vercet, R. Oria, Some physical changes in Bajo Argon extra virgin olive oil during the frying process. *Food Chemistry* 110, 654-658 (2008).
- [9] L. Quiles, C.M. Ramirez-Tortosa, J. Alfonso Gomez, J.R. Huertas, J. Mataix, Role of vitamin E and phenolic compounds in the antioxidant capacity, measured by ESR, of virgin olive, olive and sunflower oils after frying. *Food Chemistry* 76, 461-468 (2002).
- [10] H.R. Katragadda, A. Fullana, S. Sidhu, A.A. Carbonell-Barrachina, Emission of volatile aldehydes from cooking oils. *Food Chemistry* 120, 59-64 (2010).
- [11] L. Cinquanta, M. Esti, E. La Notte, Evolution of phenolic compounds in virgin olive oil during storage. *Journal of the American Oil Chemists Society* 74, 1259-1264 (1997).
- [12] Y.M. Mousa, D. Gerasopoulos, I. Metzidakis, A. Kiritsakis, Effect of altitude on fruit and oil quality characteristics of Mastoides olives. *Journal of the Science of Food and Agricultural* 71, 345-350 (1996).
- [13] G. Procida, A. Cichelli, D. Compagnone, R.M. Maggio, L. Cerretani, M. Del Carlo, Influence of chemical composition of olive oil on the development of volatile compounds during frying. *European Food Research and Technology* 230, 217-229 (2009).
- [14] E. Tabee, M. Jägerstad, P.C. Dutta, Frying quality characteristics of French fries prepared in refined olive oil and palm olein. *Journal of the American Oil Chemists Society* 86, 885-893 (2009).
- [15] Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea, Regolamento CEE n. 2568/91 (1991).
- [16] A. Del Caro, V. Vacca, M. Poiana, P. Fenu, A. Piga, Influence of technology, storage and exposure on components of extra virgin olive oil (Bosana cv) from whole and de-stoned fruits. *Food Chemistry* 98, 311-316 (2006).
- [17] AOAC, Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 17th ed. Horwitz W. Edizioni. (2003).
- [18] F. Caponio, T. Gomes, C. Summo, Assessment of the oxidative and hydrolytic degradation of oils used as liquid medium of in-oil preserved vegetables. *Journal of Food Science*, 68 147-151 (2003).
- [19] T. Gomes, F. Caponio, Effort to improve the quantitative determination of oxidation and hydrolysis compound classes in edible vegetable oils. *Journal of Chromatography A* 844, 77-86 (1999).
- [20] T. Gomes, D. Delcuratolo, V.M. Paradiso, C. Summo, F. Caponio, Pro-oxidant activity of oxidized triacylglycerols in olive oil and comparison with pro-oxidant action of polar triacylglycerol oligopolymers. *LWT-Food Science and Technology* 44, 1236-1239 (2011).

Received, April 16, 2012

Accepted, December 28, 2012